



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Rapport om: Modelforsøg med kystsikring ved Sæby

februar 1982

Burcharth, Hans F.

Publication date:
1982

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Burcharth, H. F. (1982). *Rapport om: Modelforsøg med kystsikring ved Sæby: februar 1982*. Aalborg Universitetscenter, Inst. for Vand, Jord og Miljøteknik, Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Rapport om

MODELFORSØG MED

KYSTSIKRING VED SÆBY

Februar 1982

AALBORG UNIVERSITETSCENTER
LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING
SOHNGARDSHOLMSVEJ 57 DK-9000 AALBORG DANMARK

AALBORG UNIVERSITETSCENTER

INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK

Sohngårdsholmsvej 57 DK-9000 Aalborg Danmark tlf. (08) 142333

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING

Ingeniørdocent H.F. Burcharth

Rapport om

MODELFORSØG MED

KYSTSIKRING VED SÆBY

Februar 1982

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	side	1
2. Konklusion	side	2
3. Bølge- og vandstandsforhold	side	4
4. Beskrivelse af model og modelforsøg	side	7
5. Måleresultater	side	9

Bilagsfortegnelse

Snit i parallelværk type I-I	Bilag	A
Snit i parallelværk type III-III	Bilag	B
Snit i modelopstilling, foto af model	Bilag	C
Fotos fra modelforsøgene	Bilag	D

1. Indledning

På foranledning af A/S N. Nellemann og Partnere har Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, AUC udført modelforsøg med et parallelværk, som påregnes opført på kysten syd for Sæby havn.

Parallelværkets funktion er primært at hindre vandindtrængen på det bag ved liggende område, som bl.a. rummer et lavt beliggende fryselager.

Modelforsøgene blev derfor udført med henblik på at bestemme geometrien af parallelværket således, at uacceptabel vandindtrængen ikke forekommer under de dimensionsgivende bølge- og vandstandsforhold.

Ved modelforsøgene blev også stabiliteten af parallelværkets stenskråninger verificeret.

Som repræsentanter for A/S Nellemann og Partnere har overingeniør Hugo Weesgaard og civiling. Henning Christensen medvirket ved undersøgelsens planlægning.

Den 8.1.1982 blev afholdt en besigtigelse af modelforsøgene med deltagelse af repræsentanter for Nellemann og Partnere, Sæby kommunes tekniske forvaltning og Sæby Fiskeindustri A/S. Ved denne lejlighed blev modelforsøgsresultaterne drøftet og modelforsøgene afsluttet.

Ledelse af modelforsøg og rapportering er forestået af ingeniørdocent H. F. Burcharth. Modelarbejdet er udført af laborant Werner Nielsen og laborant Jørgen Sørensen.

2. Konklusion

De dimensionsgivende vandstands- og bølgeforhold blev af rekvirenten fastsat som forholdene under stormen natten mellem den 24. og 25. november, 1981. Maximalvandstanden var her ca. +1,5 m over D.V., bølgehøjderne var begrænset af vanddybden, middelbølgeperioden var skønsmæssigt maksimalt ca. 6 sec. og bølgefronterne parallelle eller næsten parallelle med kystlinien. Under disse forhold kan følgende konkluderes:

- 1.1 Hvor bundkoten er -0,5 m ved tå af parallelværk, vil et profil som vist på tegning fra Nellemann indeholdende "Tværsnit I-I" (vedlagt som bilag A) resultere i en samlet vandtransport, hovedsageligt i form af sprøjt, på gennemsnitlig ca. 10 l/min/m.
- 1.2 Vandtransport over betonmuren (med topkoten +2,68 m) i form af overskyl vil i gennemsnit kun forekomme én gang hvert andet minut. Vandmængden vil kun være en mindre del af den under pkt. 1.1 nævnte.
- 1.3 En forhøjelse af betonmuren på f.eks. 0,5-1,0 m vil ikke i nævneværdig grad nedsætte vandtransporten, idet denne næsten udelukkende sker ved sprøjt, som føres over muren i relativ stor højde.
- 1.4 Massen af dækstenene i skråningen kan skønsmæssigt nedsættes i forhold til det på bilag A angivne, således at minimum massen bliver 300 kg.

Massen af filtersten og tådekagssten anbefales uændret i forhold til det på bilag A angivne.
- 1.5 Der må ved udformningen af området bag kystbeskyttelsen tages hensyn til, at sprøjtet når ind forbi den 3 m brede kystvej.

Skønsmæssigt vil væsentlig sprøjt nå op til 8 m ind bag muren. Modelforsøgene kan ikke i sig selv angive denne distance på realistisk måde, idet bl.a. vindpåvirkning ikke er medtaget i forsøgene.

- 1.6 Det anbefales at give baglandet størst mulig fald mod muren, således at et reservoir af væsentlig størrelse opnås. Dette af hensyn til at drænvirkningen af de relativt lavtsiddende kontraklapåbninger er begrænset af, at middelvandstandsniveauet i stenbankettet foran muren vil være en del højere end middelvandstandsspejlet (+1,50 m).
- 2.1 Hvor bundkoten er 0,0 m ved tå af parallelværk, vil et profil som vist på tegning fra Nellemann indeholdende "Tværsnit III-III" (vedlagt som bilag B) sikre, at kun ubetydelige vandmængder i form af sprøjt når baglandet.
- 2.2 Ved modelforsøgene er det observeret, at vandstanden i stenfylden under bølgepåvirkningen kan stige til overkant af parallelværket, dvs. til kote ca. +2,30 m. En sænkning af konstruktionens topkote vil derfor medføre bølgeoverskyl.
- 2.3 Massen af dækstenene i skråningen kan skønsmæssigt nedsættes i forhold til det på bilag B angivne, således at minimum massen bliver 200 kg.

3. Bølge- og vandstandsforhold

Sæby havn er beliggende i et meget fladvandet område, hvor vanddybderne begrænser bølgehøjderne og bølgelængderne. Kun vinde fra sektoren N over E til S giver bølger ved kysten. På grund af det lave vand vil situationer med selv moderate vindstyrker fra vindretninger, der samtidigt kan give højvande, være dimensionsgivende for parallelværket. Ifølge kombinerede vind- og vandstandsmålinger fra Frederikshavn i tiåret 1969-1978 vil inden for vindsektoren N-E-S kun vinde fra sektoren N-NNE-NE ($348,75^{\circ}$ - $56,25^{\circ}$) være højvandsgivende. Vandstandene i Frederikshavn og Sæby kan med god tilnærmelse regnes ens.

Nedenfor er for Frederikshavn angivet registrerede årsmaxima af vandstande (i cm) svarende til vindhastigheder ≥ 12 m/s og ≥ 16 m/s fra sektorerne N, NNE og NE, hver på $22,5^{\circ}$.

Maximalvandstande i cm over DNN.

Vindstyrke		≥ 12 m/s				≥ 16 m/s			
Vindretning		N	NNE	NE	N-NNE-NE	N	NNE	NE	N-NNE-NE
År	1969	30	38	20	38	30	38	20	38
	70	40	26	12	40	38	20	12	38
	71	30	28	10	30	26	28	8	28
	72	20	-14	10	20	-10	-36	4	4
	73	92	10	-10	92	92	10	-30	92
	74	10	58	90	90			-8	-8
	75	30	28	8	30				
	76	32	30	0	32	24	30	0	30
	77	28	20	36	36			-10	-10
	78	20	20	30	30		20	20	20

Ekstrapolationen ud fra en ekstremstatistisk bearbejdning af observationerne kan ikke foretages med rimelighed, idet der ingen sikker tendens findes i dataene.

Ud fra en umiddelbar vurdering af dataene samt en skelen til overskridelsesfordelingskurverne plottet på normalfordelingspapir må det dog siges at være sandsynligt, at en maximalvandstand på mindst +1,05 m vil optræde indenfor en 50-års periode samtidig med relativt kraftige vinde fra N-NNE-NE.

Under stormen den 24. og 25. november, 1981 blev denne vandstand overskredet væsentligt, idet det ud fra oplysninger om vandstand ved brovægt og værkstedsbygning i havnens sydlige del kan fastslås, at vandstanden her har været ca. +1,50 over D.V. Selv om en storm-situation af denne art må forventes at forekomme med ganske lille hyppighed (skønsmæssigt én gang hver 100 år eller sjældnere) er parallelværket ønsket dimensioneret for en vandstand på +1,50 m over D.V.

Bundhældningen i området ud for parallelværket er lille. Ud fra pejlinger foretaget i 1975 og 1981 kan bundhældningen bedømmes til at være $\leq 1:100$ indtil bundkoten -3,5 m. Herefter er bundhældningen skønsmæssigt 1:1000 indtil 6 m dybdekurven nås nogle kilometer fra kysten. Dybdekurverne forløber i hovedsagen parallelt med kysten, dvs. nord-syd.

Orienterende fraktionsberegninger viser, at bølger genereret ved vinde over 12 m/s fra sektoren N-NNE-NE vil ramme parallelværket med beskedne indfaldsvinkler.

De dimensionsgivende vinde fra retningerne N-NNE-NE vil have hastigheder i intervallet 12-17 m/sec, og de vil generere bølger, som på "dybt vand" vil have signifikante bølgehøjder H_{SO} og tilhørende perioder $T_{H_{SO}}$ og længder $L_{H_{SO}}$ i intervallerne, $H_{SO} = 1,5-3,0$ m,

$T_{H_{SO}} = 5,2-7,5$ sec og $L_{H_{SO}} = 42-88$ m.

Hertil svarer middelbølgeperioderne $\bar{T} \approx 4,7-6,8$ sec.

Disse bølger vil, dels ved refraktion, dels ved brydning over det flade vand i havnens omegn, helt ændre karakter, idet det for de større bølger i bølgebilledet vil gælde, at både højde, længde, facon og kinematik ændres.

Maximalbølgehøjderne umiddelbart foran parallelværket er foruden af perioden bestemt dels af vanddybden, dels af bundhældningen.

Ved modelforsøgene er for de uregelmæssige bølger, som er beskrevet i afsnit 5, fundet følgende maximalbølgehøjder:

Profil	Vanddybde, D m	H_S m	H_{max} m	H_S/D	H_{max}/D
I-I	2,00	1,30	1,50	0,65	0,75
III-III	1,50	0,96	1,13	0,64	0,75

Det bemærkes, at et stejlere bundprofil vil forøge bølgehøjderne foran parallelværket.

4. Beskrivelse af model og modelforsøg

Modelforsøgene omfattede undersøgelse af vandtransporten over to parallelværker med tå placeret i henholdsvis kote -0,5 m og 0,0 m, jf. bilagene A og B.

Bundprofilet var et skråplan med hældning 1:100 i ca. 170 m's længde svarende til de stejleste kystprofiler i det aktuelle område. Forsøgene blev udført i længdemålestokken 1:30 og tolket i henhold til Froudes modellov. Modellen, der var 1 m bred (svarende til 30 m i prototype), blev placeret i et bølgebassin med absorberende skråninger på begge sider, hvorved bølgerefleksion fra modellen var negligabel.

Bilag C viser et længdesnit af modelopstillingen, herunder de to bølgemålere, hvoraf den ene var placeret for enden af skråplanet, den anden umiddelbart foran konstruktionen. Samme bilag samt bilag D viser fotos fra forsøgene.

Bølgeudbredelsesretningen var ved alle forsøg vinkelret på konstruktionen.

Som omtalt i afsnit 3, er bølgestørrelsen i området begrænset af vanddybden. Bølger med omtrent samme maximalhøjder, men med stærkt varierende periode (længde), kan dermed nå parallelværket. Da bølgeperioden har væsentlig indflydelse på såvel opskylshøjde og sprøjt som på stabiliteten af stenskråningen, blev indledningsvis udført forsøg med regelmæssige bølger (perioderne 3,8-4,4-4,9-5,5-6,6-7,7 sec) for at indkredse det periodeinterval, som under de givne geometriske forhold synes farligst. De egentlige forsøg, hvor vandtransport over konstruktionen blev målt, blev herefter udført med uregelmæssige bølger med middelperiode og spidsperiode (svarende til max. spektraltæthed) beliggende i det ved de regelmæssige bølger bestemte farlige bølgeperiodeinterval.

De således bestemte og anvendte uregelmæssige bølger kan karakteri-

seres ved et variansspektrum af JONSWAP typen med spidsperiode på ca. 6,6 sec. På grund af de meget små vanddybder vil variansspekret for bølgerne i konstruktionens nærhed dog være ændret en del i forhold til de ved bølgemaskinen frembragte bølger.

I hvert forsøg, dvs. for hver type bølger, blev bølgehøjden forøget gradvist indtil brydning tilsidst reducerede både bølgehøjderne og bølgernes påvirkning af parallelværket. Hvert forsøg omfattede for de regelmæssige bølgers vedkommende mindst 300 bølger medens antallet for de uregelmæssige bølger var ca. 1.000.

Stenskråningerne blev ikke genopbygget efter hvert forsøg, idet skråningerne, som blev opbygget af sten i overensstemmelse med bilag A og B, viste sig at være stabile bortset fra flytning af enkelte dæksten.

Sprøjt og overskyl blev bestemt ved opsamling i et kar anbragt umiddelbart bag parallelværket.

5. Måleresultater

5.1 Profil I-I, middelvandspejlskote +1,50 m, bundkote ved tå -0,5 m.

	Bundkote	Vanddybde
Bølgemåler 1 ca. 170 m fra parallelværk	-2,15 m	3,65 m
Bølgemåler 2 foran parallelværk	-0,50 m	2,00 m

5.1.1 Orienterende forsøg med regelmæssige bølger

Bølgeperiode	Bølgehøjder i m		Bemærkninger
sec.	måler 1	måler 2	
3,8	0,48	0,48	
-	0,63	0,60	
-	0,87	0,81	Lidt sprøjt
-	1,05	0,90	Lidt sprøjt, beg.brydn.
-	1,08-1,35	0,60-0,81	Ingen sprøjt, bryd.bølger
4,4	0,51	0,51	
-	0,75	0,69	
-	1,05	0,90	Lidt sprøjt
-	1,11	0,96	Noget sprøjt
-	1,14	0,93	Lidt sprøjt, beg.brydn.
-	1,14-1,50	0,60-1,05	Ingen sprøjt, bryd.bølger
4,9	0,45	0,57	
-	0,63	0,69	
-	0,78	0,96	Lidt sprøjt
-	0,99	1,14	Noget sprøjt
-	1,20	1,08-1,20	En del sprøjt
-	1,23	1,35	En del sprøjt, beg.brydn.
-	1,26	1,26-1,41	Ingen sprøjt, bryd.bølger, vandspejl i banket når overkant af mur, en dæksten rullet.

Bølgeperiode sec.	Bølgehøjder i m		Bemærkninger
	måler 1	måler 2	
5,5	0,39	0,48	
-	0,72	0,96	Lidt sprøjt
-	0,81	1,08	Noget sprøjt
-	0,96	1,35	En del sprøjt
-	0,99	1,41	Meget sprøjt
-	0,99	1,44	Meget sprøjt, en dæksten rullet
-	1,02	1,38	Meget sprøjt, vandspejl i banket når overkant af mur
-	1,11	1,32	Meget sprøjt, beg. brydn.
-	1,17	0,96	Regulært overskyl, brydende bølger
-	1,17-1,53	0,69-1,35	Ingen sprøjt, bryd. bølger
6,6	0,45	0,51	
-	0,63	0,90	Lidt sprøjt
-	0,72	0,99	Noget sprøjt
-	0,81	1,08	En del sprøjt
-	1,08	1,26	Ingen sprøjt, beg. brydn. 3-4 dæksten rullet
-	0,99-1,29	1,11-1,44	Ingen sprøjt, bryd. bølger
7,7	0,93	0,90	
-	0,96	0,99	
-	1,02	1,08	Lidt sprøjt
-	1,11	1,14	Noget sprøjt
-	1,26	1,20	Meget sprøjt
-	1,35	1,23	En del sprøjt, beg. brydn., vandspejl i banket når overkant af mur
-	1,38-1,80	0,78-1,38	Ingen sprøjt, bryd. bølger

5.1.2 Forsøg med uregelmæssige bølger, spidsperiode ca. 6,6 sec, middelperiode ca. 6,0 sec målt ved måler 1.

Bølgehøjder i m				Vandtransport over mur i l/min/m	Bemærkninger
måler 1		måler 2			
H_S	H_{max}	H_S	H_{max}	Q	
0,93	1,32	0,99	1,16	ikke målt	Ganske lidt sprøjt
1,21	1,84	1,19	1,39	5,0	Kun sprøjt. Middelvand- stand ved parallelværk hævet ca. 0,01 m
1,38	1,95	1,20	1,50	5,6	Sprøjt. Overskyl fra 5% af bølgerne. Middel- vandspejl ved parallel- værk hævet ca. 0,015 m
1,73	2,24	1,30	1,45	9,3	Kun sprøjt. Middelvand- spejl ved parallelværk hævet ca. 0,02 m. En dæksten rullet ned ad skråning

5.2 Profil III-III, middelvandspejlskote +1,50 m, bundkote ved tå 0,0 m.

	Bundkote	Vanddybde
Bølgemåler 1 ca. 170 m fra parallelværk	-1,65 m	3,15 m
Bølgemåler 2 foran parallelværk	0,0	1,50 m

5.2.1 Orienterende forsøg med regelmæssige bølger

Bølgeperiode sec.	Bølgehøjder i m		Bemærkninger
	måler 1	måler 2	
3,8	0,30	0,30	
-	0,51	0,51	
-	0,60	0,68	
-	0,66	0,69	Begyndende brydning
-	0,78	0,78	Brydende bølger
-	0,60-0,87	0,78-1,20	Brydende bølger

Bølgeperiode sec.	Bølgehøjder i m		Bemærkninger
	måler 1	måler 2	
4,9	0,45	0,43	
-	0,60	0,54	
-	0,66	0,75	
-	0,69	0,78	Begyndende brydning
-	0,84	0,87	Brydende bølger
-	0,84-1,35	0,60-1,08	Brydende bølger
5,5	0,48	0,54	
-	0,60	0,72	
-	0,66	0,90	Begyndende brydning
-	0,78	1,20	Brydende bølger
-	0,91	1,41	Brydende bølger
-	0,91-1,23	0,78-1,4,	Brydende bølger
6,6	0,39	0,63	
-	0,56	0,75	
-	0,84	0,95	
-	0,90	1,02	
-	0,99	1,11	Begyndende brydning
-	1,05-1,80	0,66-1,20	Brydende bølger
7,7	0,24	0,21	
-	0,41	0,38	
-	0,63	0,66	
-	0,69	0,81	
-	0,75	0,90	
-	0,81	0,96	
-	0,83	1,05	Begyndende brydning
-	0,83-1,65	0,60-1,20	Brydende bølger

5.2.2 Forsøg med uregelmæssige bølger, spidsperiode ca. 6,6 sec, middelperiode ca. 6,0 sec målt ved måler 1.

Bølgehøjder i m				Bemærkninger
måler 1		måler 2		
H_S	H_{max}	H_S	H_{max}	
1,39	1,80	0,92	0,99	Ingen sprøjt. Vandspejl når overkant af banket ved ca. 0,5% af bølgerne. Middelvandspejl ved parallelværk hævet ca. 0,02 m.
1,65	1,94	0,96	1,13	Ingen sprøjt af betydning. Ingen overskyl. Middelvandspejl ved parallelværk hævet ca. 0,04 m

NOTER

- Mål : Ubenævnte mål og koter er i m.
[0,4 m] angiver skønnede mål, som ligger til grund
for mængdeberegningerne.
- Støttemur : Se detailtegning og beskrivelse.
- Materialer og : Se beskrivelse.
udførelse

Bilag A

NELLEMANN . RÅDGIVENDE INGENIØRER . AALBORG



AKTIESELSKABET N. NELLEMANN OG PARTNERE . DIGTERVEJEN 11 . DK-9200 AALBORG SV . TELEFON (09) 18 13

Sæby Fiskeindustri A/S
Kystsikring ved centrallager og rensningsanlæg
Tværsnit I-I.

SAG NR.

3816

TEGN. NR.

10

KONSTR. HIC

TEGN. ELA

REV.

DATO

MÅL 1:20

RETT. A:

B:

C:

D:

E:

F:

3 m (indsænktes med NF)

[1,0 m]

2 m

Grubsten (50-200 kg)

0,9 m

2,50

0,3 m

1,30

0,60

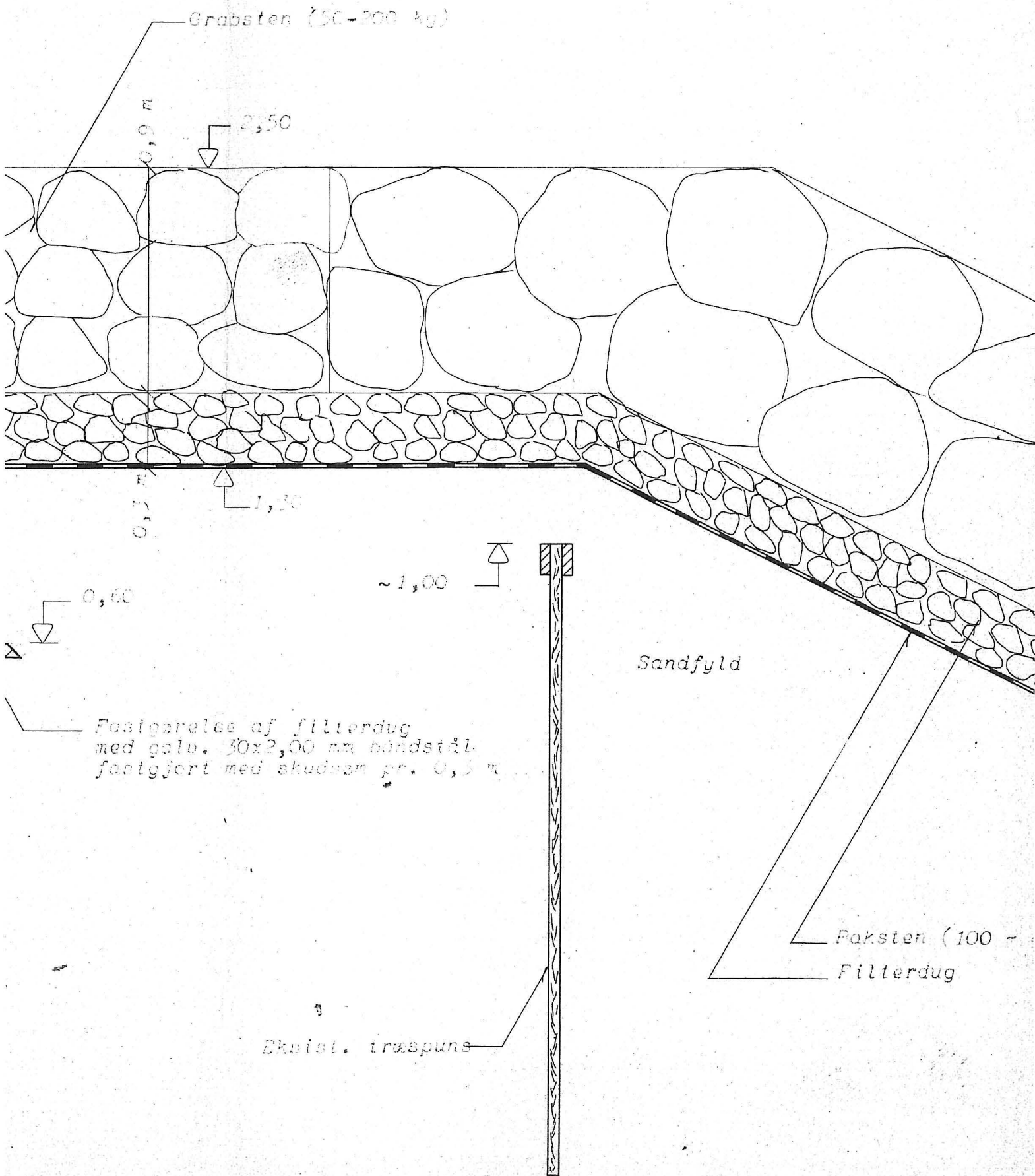
~ 1,00

Sandfyld

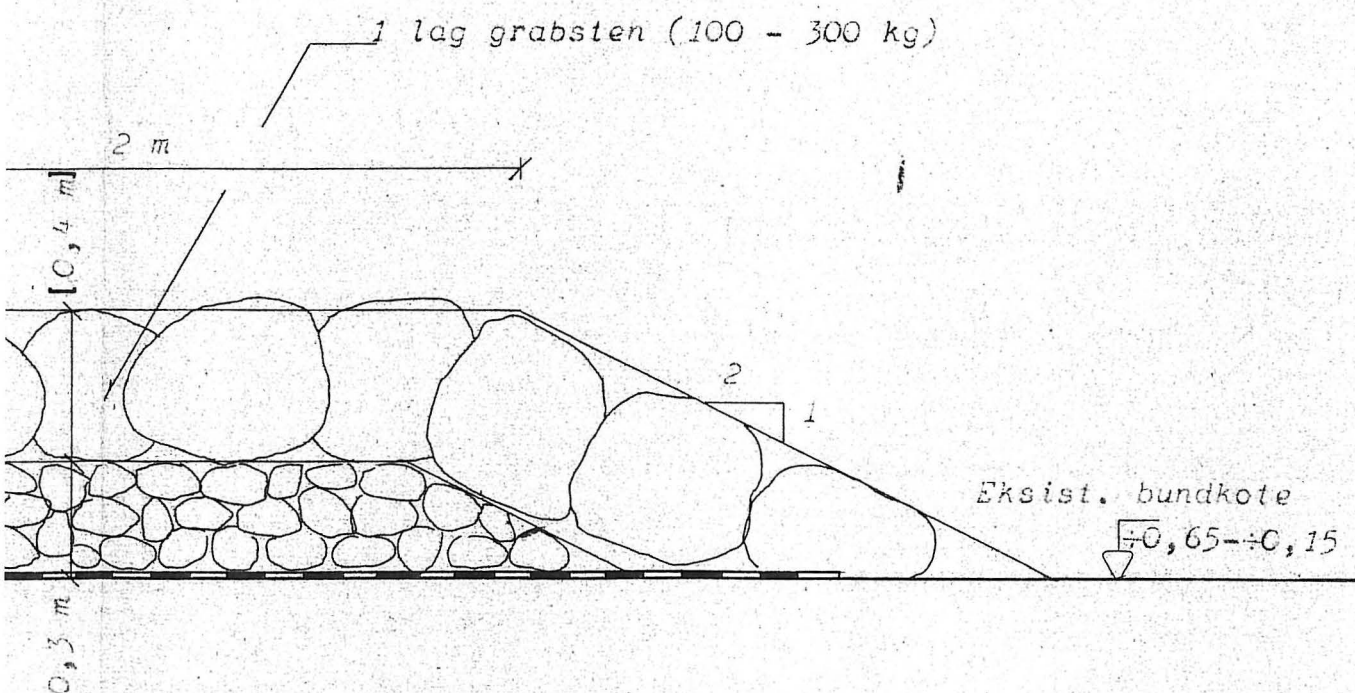
Fastgørelse af filterdug
med gals. 30x2,00 mm håndstål.
fastgjort med skudsnor pr. 0,5 m

Paksten (100 -
Filterdug

Eksist. træspænde



1,50 Maks. registreret vandstand



NOTER

:

Mål

: Ubenævnte mål er i mm.

[0,4 m] angiver skønnede mål, som ligger til grund for mængdeberegningerne.

Materialer og udførelse : Se beskrivelse.

Bilag B

NELLEMANN . RÅDGIVENDE INGENIØRER . AALBORG



AKTIESELSKABET N. NELLEMANN OG PARTNERE . DIGTERVEJEN 11 . DK-9200 AALBORG SV . TELEFON (08) 18 11

Søby Fiskeindustri A/S

Kystsikring ved centrallager og rensningsanlæg

Tværsnit III - III

SAG NR.

3816

TEGN. NR.

12

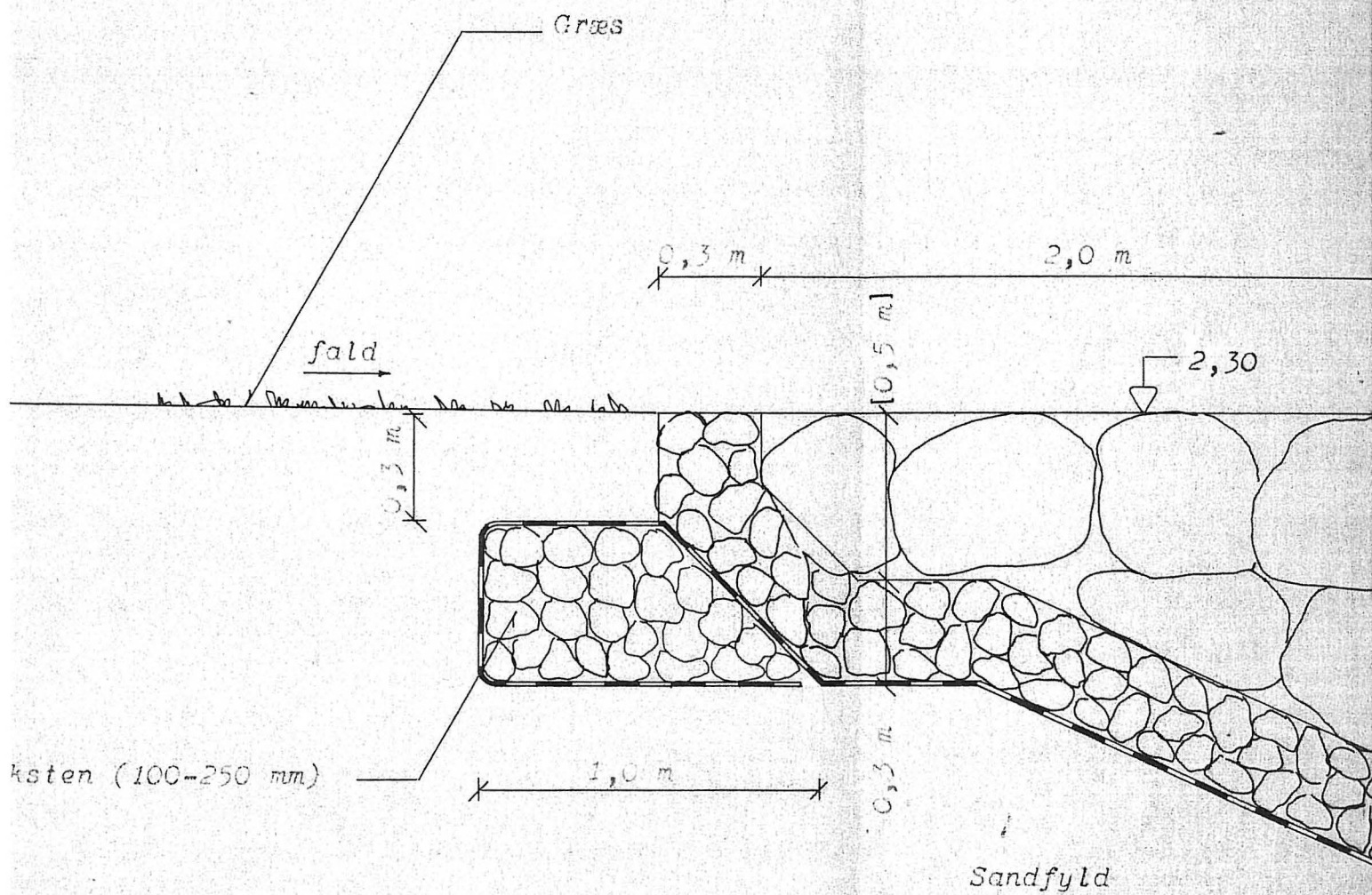
KONSTR. HIC

TEGN. ELA

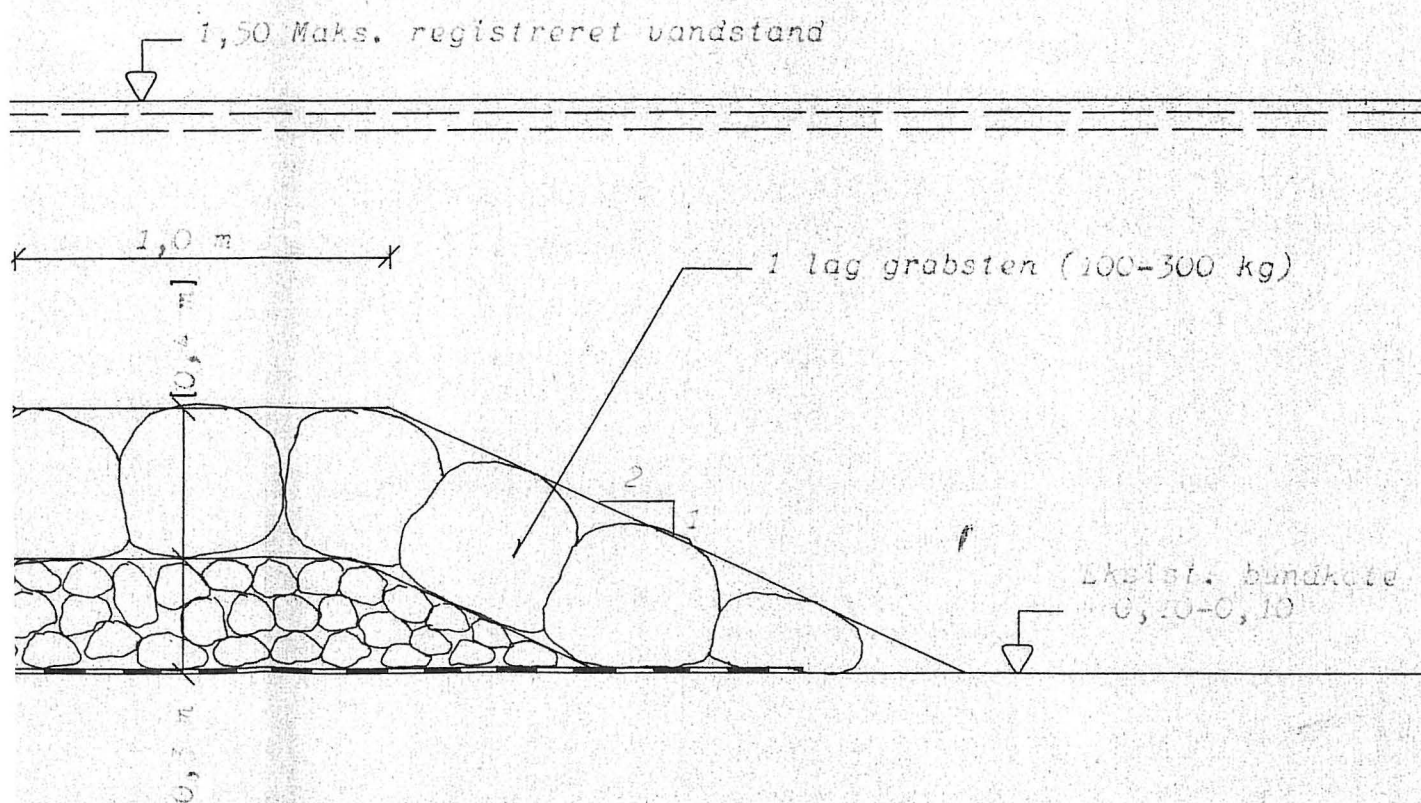
REV.

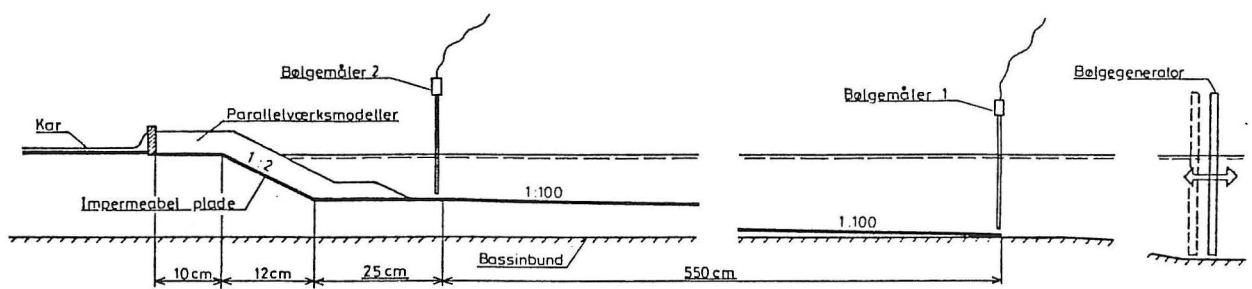
DATO

MÅL 1:20



(300-600 kg)





Længdesnit af modelopstilling

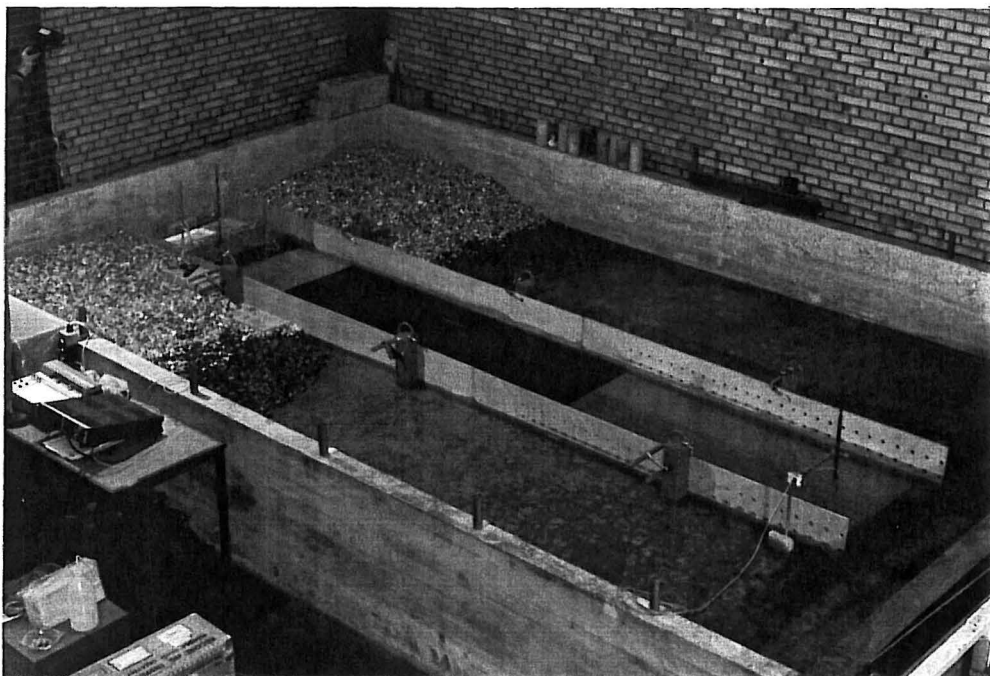


Foto af model



Fotos fra modelforsøgene